

BIOMASA FINAL Y PRODUCCIÓN DE MADERA EN UNA CHOPERA DE LA CUENCA DEL RÍO ALBERCHE

A.C. de la Cruz Calleja¹, J.M. Grau Corbí, M^a.R. González Cascón e I. González González.
Lab. Ecosistemas Forestales. Dep. Medio Ambiente, INIA, C^a Coruña Km 7; 28040 Madrid.
¹calleja@inia.es

Resumen

Se ha realizado un estudio de la mineralomasa en una chopera de *Populus x euroamericana* (Dode) Guinier "I-214", con 400 árboles·ha⁻¹, en la cuenca del río Alberche, en Villa del Prado, Madrid. A la edad del turno de corta, 14 años, presenta unos valores medios de 35,6 cm de diámetro normal, 31,7 m de altura total y producciones anuales de 33 m³·ha⁻¹·año⁻¹, con 368 kg·árbol⁻¹ de fuste (65°C). Se presentan los contenidos minerales (N, P, S, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn y Zn) de madera y corteza a lo largo del fuste, y de las ramas (a distintas alturas de la copa), así como la producción de biomasa acumulada por cada componente.

Palabras clave: *Populus*, I-214, nutrientes, mineralomasa, composición química.

INTRODUCCION

Desde los años 60 se ha llevado a cabo una intensa labor de investigación enfocada a conocer la estructura y el proceso de funcionamiento de los principales ecosistemas terrestres y dentro de ellos los ecosistemas forestales. Para abordar su estudio se divide el ecosistema en compartimentos y se estudia su estructura, cambios, flujos de materia y energía entre unos compartimentos y otros. El seguimiento integrado de ecosistemas significa la realización de mediciones físicas, químicas y biológicas a lo largo del tiempo de los diferentes compartimentos de un ecosistema.

Este trabajo se enmarca dentro de la línea central de investigación del grupo de trabajo del Laboratorio de Ecosistemas Forestales y Agrobiosistemas (INIA), sobre el estudio de los mecanismos de funcionamiento de ecosistemas forestales, con la medición de flujos y stocks de biomasa, bioelementos, agua y energía.

Se presentan los resultados procedentes de la cuantificación de la biomasa arbórea aérea a edad de turno, así como los contenidos minerales de madera y corteza a lo largo del fuste y de las ramas, para el conocimiento del ciclo biológico de absorción y retención de nutrientes por parte del árbol, de una chopera representativa de la cuenca del Alberche, a la edad de turno. Existe escasa información al respecto sobre *Populus*, y los trabajos realizados hasta ahora han sido más de carácter silvícola (Tsiourlis, 1994).

La absorción anual de nutrientes en los bosques de chopos es considerablemente mas alta que en bosques de otras especies caducas, y mucho mas que los bosques de coníferas (MCCOLL, 1980). La mineralomasa fijada puede servir como indicador medio de las pérdidas de nutrientes del suelo para el conocimiento de prácticas silvícolas adecuadas (Rodríguez-Soalleiro *et al.*, 2004). Este conocimiento adquiere mayor importancia en la medida que los ecosistemas forestales están siendo considerados como sumideros del CO₂ atmosférico, además de productores de madera. Los chopos, con su gran capacidad de crecimiento (NELSON & EHLERS, 1984), la mayor de entre todas las especies europeas y una de las mayores de todo el mundo, se convierten en una especie idónea para los proyectos de plantaciones forestales, entre cuyos objetivos se encuentra el cobro de tonelada de CO₂ capturada. Se estima que una hectárea de choperas en la cuenca del Ebro, recicla anualmente una

media de 15 toneladas de CO₂.

MATERIALES Y MÉTODOS

El lugar elegido se encuentra en el S.O. de la Comunidad de Madrid, en el municipio de Villa del Prado, situado junto al río Alberche y al pie de las últimas estribaciones de la Sierra de Gredos, a una altitud de 510 m s.n.m. A la zona le corresponde, de acuerdo con la taxonomía ALLÚE (1990), un subtipo fitoclimático IV₄ mediterráneo genuino fresco.

La chopera elegida es una plantación de *Populus x euramericana* (Dode) Guinier "I-214", con una superficie de 12,7 ha, plantada a raíz profunda, con 400 árboles·ha⁻¹, a marco real 5 x 5 m. El diámetro normal medio a turno de corta (14 años) es de 35,6 cm y la altura total media es de 31,7 m.

Los suelos de la chopera, pardos no cálcicos, se presentan sobre un terreno cuaternario donde, además de los coluviones, adquieren gran desarrollo los aluviones y terrazas de los ríos principales (Alberche en nuestro caso). Todos estos materiales son fundamentalmente arenas y gravas cuarcíticas. Las características edáficas que presentan son textura franco-arenosa, bajo porcentaje de fragmentos gruesos (<7,5%), pH(H₂O) = 7, C:N = 8, contenido en materia orgánica <1% y capacidad de intercambio catiónico de 8 cmol_c·kg⁻¹, con un 100% de saturación de bases de cambio.

Para la determinación de la biomasa arbórea se han seleccionado y apeado 4 árboles representativos de la chopera adulta a la edad de turno, 14 años, teniendo en cuenta la distribución diamétrica de la misma. La elección se hizo de tal forma, que estos hubiesen estado expuestos a las mismas condiciones generales, que la mayoría de los árboles de la chopera. Se ha considerado la media de los cuatro árboles estudiados como representativa del árbol tipo de la chopera, utilizando el método del "árbol medio" (WHITTAKER & WOODWELL, 1971).

Con ayuda de una grúa telescópica se han cortado las ramas por verticilo. En cada verticilo, se han pesado todas las hojas del año; las ramas del año en curso se han pesado y medido separadamente para el cálculo de la productividad; lo mismo se ha realizado para el resto de las ramas de cada verticilo, cortando, separando y pesando cada crecimiento anual, obteniendo al final, para cada verticilo de edad "n", "n-1" bloques individuales de fracciones de ramas desde 1 a "n-1" años. Una vez apeado el fuste libre de ramas, se han medido los crecimientos en altura entre verticilos y los diámetros de metro en metro y a 1,30 m. Para conocer el peso total, se han cortado rodajas cada 2 m, y se ha pesado cada troza. De estas rodajas se ha obtenido la densidad de la madera y los anillos de crecimiento para la estimación de la función de crecimiento. En el laboratorio, se han preparado las muestras de fuste (madera y corteza), ramas (por verticilos, edades, madera y corteza) y hojas. Para los análisis, se ha procedido a dividir el fuste en tres zonas: a 1,30 m, a 2/3 de la altura total y a 3/4 de la altura total (JACQUEMIN & TSIURLIS, 1994). En ramas, se ha dividido la copa en tres zonas: alta (verticilos 1, 2, 3, 4 y 5), media (6, 7 y 8) y baja (9, 10 y 11) y se han analizado cada componente de rama por edades.

Se han determinado C, N y S con analizadores elementales (LECO). Para el resto de los elementos, se ha realizado una digestión húmeda con HNO₃ en un sistema de digestión por microondas y se han determinado P, Ca y Mg mediante espectroscopía de emisión por ICP Perkin-Elmer 400, Na y K por emisión en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer 1100B y Fe, Mn y Zn por espectroscopía de absorción atómica con espectrofotómetro Perkin-Elmer 1100B. Los datos presentados a continuación de producción y nutrientes están referidos a peso seco a 65°C.

Para el estudio de la mineralomasa, al disponer de los nutrientes por altura de copa y verticilos, y, la biomasa también analizada de la misma forma, se han realizado medias ponderadas de

cada nutriente (C, N, S, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn y Zn) para los distintos verticilos de copa (1°-11°) a distintas alturas de copa (alta-media-baja) de las distintas fracciones (madera y corteza). El mismo tratamiento se ha seguido con el fuste.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de biomasa arbórea aérea y su distribución

La biomasa total media por árbol en los chopos de Villa del Prado, a la edad de 14 años, es de 520 kg·árbol⁻¹. Su distribución media en las diferentes fracciones es de 72% en fuste, 18,5% en ramas, 6,6% en biomasa muerta y un 3 % en hojas (Tabla 1). Se cumple el siguiente orden de acumulación de biomasa: madera > ramas > corteza > hojas.

En el fuste, con 368 kg·árbol⁻¹, la madera representa el 91% (337 kg·árbol⁻¹) frente al 9% de la corteza (32 kg·árbol⁻¹). La proporción del fuste respecto al total del árbol, ha sido superior al 60% en todos los casos estudiados, oscilando entre 68 y 81%.

En las ramas, estos porcentajes varían con un 80% en madera (85,2 kg·árbol⁻¹) y 20% en corteza (21,3 kg·árbol⁻¹), y son similares a los encontrados en la biomasa muerta, con 85 y 15%, respectivamente. Los rangos de variación en las ramas y en la biomasa muerta, se sitúan entre 10-28% y 2-13%, respectivamente.

La fracción hojas es la de menor proporción respecto al total (2,9%). Para el cálculo de la producción media por hectárea, se han utilizado los datos obtenidos por desfronde, 13,07±2,1 kg·árbol⁻¹ (DE LA CRUZ *et al.*, 2005 en otro artículo de este congreso), en lugar del muestreo de cuatro árboles de despiece (14,7±4,5 kg·árbol⁻¹), por considerarlo más representativo.

La producción de biomasa total media de la plantación adulta de 14 años de edad es de 196,5 t·ha⁻¹, (208,5 t·ha⁻¹ si se considera la biomasa muerta en el árbol), de los cuales 147,4 t·ha⁻¹ corresponden al fuste, 44,8 t·ha⁻¹ a ramas y 5,2 t·ha⁻¹ a hojas (Tabla 1).

Los contenidos y distribuciones de la biomasa encontrados en Villa del Prado coinciden con los observados en otros estudios de *Populus* (PADRÓ Y ORENSANZ, 1987; GIULIMONDI, 1966; JACQUEMIN & TSIOURLIS, 1994; TSIOURLIS, 1994; JOHANSSON, 2002; PURI *et al.*, 1994); se han observado menores porcentajes de corteza (SHENGZUO *et al.*, 1999) y hojas (FRISON, 1969) en plantaciones de *Populus x euramericana*, y, superiores en fuste (KORSMO, 1995; JOHANSSON, 1999).

Mineralomasa

La fitomasa total media aérea (65°C) de la plantación de *Populus* "I-214" a la edad de 14 años, es de 197 t·ha⁻¹, de los cuales, 96 t·ha⁻¹ corresponden a carbono, 1,79 t·ha⁻¹ a macronutrientes (N, S, P, K, Ca, Mg), 58 t·ha⁻¹ a Na y 12,9 kg·ha⁻¹ a micronutrientes (Fe, Mn y Zn) (Tabla 2).

El fuste, con 147 t·ha⁻¹, contribuye a la captura de carbono con 72 t·ha⁻¹, mayoritariamente acumulado en la madera. La copa de los árboles, contribuye a una mineralomasa de 43 t·ha⁻¹, con 21 t·ha⁻¹ de carbono y una mineralomasa de 480 kg·ha⁻¹. Los menores aportes corresponden a la fracción hoja, con 5±2 t·ha⁻¹ a los 14 años de edad. Aportes que pueden parecer pequeños, pero no si se considera que la producción total de hojas por el árbol a lo largo de los 14 años, asciende a 48,4 t·ha⁻¹,

con un aporte en bioelementos al suelo de $2,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $22 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de carbono (DE LA CRUZ *et al.*, 2005). La contribución a la mineralomasa por parte de los macronutrientes es, en orden decreciente ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$): N (647) > Ca (623) > K (284) > Mg (110) > P (66) > Na (58) > S (56).

Se presenta en la Figura 1, la distribución porcentual de los nutrientes en las fracciones de la biomasa aérea viva del árbol medio, a la edad de 14 años en Villa del Prado. La madera del fuste es la fracción más eminente en el peso de la biomasa, un 69%, con los porcentajes más elevados en C (69%), N (36%), S (32%), P (31%), K(25%), Ca (30%), Mg (38%), Na (84%) y Fe (47%). Estos contenidos aumentan, si se considera el fuste (madera y corteza), que representa un 76% del peso seco, y en él se acumulan más de la mitad de Ca (59%), Mg (53%), la mitad de N y P del total de la biomasa aérea, y más del 75% de C, 90% de Na y 61% de Fe. Por otra parte, la corteza constituye el 7% de la biomasa y acumula un 19% de todos los bioelementos del árbol.

Las ramas (madera y corteza consideradas como una sola fracción en la Figura 1) representan un porcentaje del 22% de peso, y del 35, 30, 29 y 22% de P, N, K y C respectivamente. Tras la corta, en la que se extrae casi el 65% de los nutrientes, los restos (ramas) representan un 26% de los nutrientes del árbol, que, mediante las adecuadas actuaciones, pueden ser incorporados al suelo.

Las hojas, con un 3% de la biomasa total y un 19% de los nutrientes, acumulan el 20% del N, el 32% de S y el 41% de Mn.

Los porcentajes de C, N, S Mg, Na y Fe acumulados en la biomasa disminuyen en el siguiente orden: madera > rama > corteza > hojas. La acumulación de nutrientes, tanto en la biomasa viva como en la total, es del orden de N>Ca>K>Mg>P>Na>S, similar a las encontradas por SHENGZUO *et al.*, (1999) en plantaciones de *P. x euramericana*.

CONCLUSIONES

La biomasa media total aérea de *Populus x euramericana* (Dode) Guinier "I-214", a los 14 años de edad, con densidad de plantación de $400 \text{ árboles}\cdot\text{ha}^{-1}$, es de $208,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, de las cuales $147,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ corresponden al fuste (65% madera y 6% corteza), $43,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a ramas, $5,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a hojas y $12,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a la biomasa muerta.

La mineralomasa aérea total viva correspondiente es de $197 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, de las cuales $96 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ corresponden a C (76% en el fuste), $1844 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a macronutrientes y $12,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a micronutrientes.

El fuste contiene el 57% de total la mineralomasa del árbol, y sus concentraciones son las más bajas en comparación con otras fracciones. Las ramas tienen una importante cantidad de nutrientes (24%) que pueden ser tenidos en cuenta en las claras o en la corta final, como incorporación al suelo. Las hojas retienen temporalmente el 19% del total de la mineralomasa de los chopos.

La absorción de N por parte del árbol es la mas importante ($647 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) seguida de la de Ca ($623 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). La acumulación de nutrientes en la biomasa viva, es del orden de N>Ca>K>Mg>P>Na>S.

BIBLIOGRAFÍA

ALLUE, J.L. 1990. Atlas fitoclimático de España. I.N.I.A.

DE LA CRUZ CALLEJA, AC; GONZÁLEZ CASCÓN, M^a.R; GONZÁLEZ GONZÁLEZ, I.; SERRANO, M.; GRAU CORBÍ, J.M. 2005. Evolución del estado nutritivo de *Populus x euramericana* "I-214" en la cuenca del río Alberche. IV Congreso Forestal Español. Zaragoza.

DE LA CRUZ CALLEJA, AC; GONZÁLEZ CASCÓN, M^a.R; GONZÁLEZ GONZÁLEZ, I.; SERRANO, M.; GRAU CORBÍ, J.M. 2005. Cuantificación de desfronde y aportes de nutrientes en parcelas de ensayo de chopo "I-214" en la Comunidad Autónoma de Madrid. IV Congreso Forestal Español. Zaragoza.

FRISON, G. 1969. Asportazioni minerali nel pioppeto. Cellulosa e Carta b, 6.

GIULIMONDI, G. 1966. Contenuti minerali dei pioppi euramericani. Centro Sper. Agric. For. 8: 193-214. Roma.

JACQUEMIN, A.; TSIOURLIS, G. 1994. Cycle biologique des elements biogenes de peupleraies (*Populus* cv. Robusta) d'ages differents (Hainut, Belgique). Belg. Journ. Bot. 127 (2): 145-156.

JOHANSSON, T. 1999. Biomass equations for determining fractions of European aspen growing on abandoned farmland and some practical implications. Biomass and Bioenergy 17: 471-480.

JOHANSSON, T. 2002. Increment and biomass in 26 - to 91 -year-old European aspen and some practical implications. Biomass and Bioenergy 23: 245-255.

KORSMO, H. 1995. Weight equations for determining biomass fractions of young hardwoods from natural regenerated stands. Scandinavia Journal of Forestry Research 10: 333-346.

MCCOLL, J.G. 1980. Seasonal nutrient variation in trembling aspen. Plant and Soil (54): 323-328.

NELSON, N.; EHLERS, P. 1984. Comparative carbon-dioxide exchange for 2 *Populus* clones grown in growth room, greenhouse, and field environments. Can. J. For. Re. 14 (6): 924-932.

PADRÓ, A.; ORENSANZ, J. 1987. El chopo y su cultivo. Serie Técnica. MAPA.

PURI, S.; SINGH, V.; BHUSHAN. B.; SINGH, S. 1994. Biomass production and distribution of roots in three stands of *Populus deltoides*. For. Eco.Manage. 65: 135-147

RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R.; BALBOA, M.; ÁLVAREZ, J.G. 2004. Efecto de la selvicultura en la extracción de nutrientes a lo largo del turno en plantaciones de tres especies de crecimiento rápido en el norte de España. Invest. Agrar.: Sist. Recur. For. Fuera de serie, 144-126.

SHENZUO, F.; XIZENG, X.; SHIXING, L.; LOUZHONG, T. 1999. Impact of spacing and rotation length on nutrient budgets of poplar plantation for pulpwood. Journal of Forestry Research 10 (3): 133-140.

TSIOURLIS, G. 1994. Phytomasse et productivite primaire de peupleraies (*Populus* cv. Robusta) d'ages differents (Hainut, Belgique). Belg. Journ. Bot. 127 (2): 134-144

WHITTAKER, R.; WOODWELL, G. 1971. Measurement of net primary production of forest. In: Duvigneaud P. (ed). Productivity of forest ecosystems. Proc. Brussels Symp., 1969. Ecology & Conservation 4: 159-175.

TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1: Biomasa total media ($\text{kg}\cdot\text{árbol}^{-1}$ y $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$), fraccionada en los diferentes componentes arbóreos, a la edad de turno en chopos de Villa del Prado. (%): porcentaje de cada fracción respecto a la biomasa total.

Producción	Biomasa Viva						Biomasa Muerta			Biomasa Total
	Fuste		Ramas		Hojas	Total	Madera	Corteza	Total	
	Madera	Corteza	Madera	Corteza						
$\text{kg}\cdot\text{árbol}^{-1}$	336,5	31,9	85,2	21,3	14,7	489,7	25,5	4,5	30,3	519,9
(%)	65.6	6.2	14.6	3.9	2.9	93.3	5.6	1.0	6.7	100
$\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	134,6	12,8	36,3	8,5	5,2	196,5	10,2	1,8	12,1	208,5
(%)	65	6	16	4	3	94	5	1	6	100

Tabla 2: Biomasa y contenidos medios de macro y micronutrientes en los diferentes componentes de la biomasa aérea, a la edad de 14 años. M: madera; C: corteza; H: hojas; L: biomasa leñosa; 2/3B y 3/4B: a 2/3 y 3/4 de altura de fuste respecto de la base del árbol, respectivamente. Ramas: copa alta, media y baja.

	$\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$		$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$									
	Peso	C	N	S	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn
HOJAS	5±2	2.4±0.8	129±28	17±6	10±4	58±17	110±22	19±7	0.3±0.1	0.7±0.3	3±1	0.1±0
RAMAS												
M alta	3±1	2±0.5	14±5	1±0.2	2±1	4±1	4±1	1±0	0.2±0.1	0.1±0	0.02±0.01	0.04±0.01
C	1±0	0.73±0.05	29±2	2±0.1	3±0.2	10±0.7	13±0.8	3±0.2	0.1±0	0.1±0	0.1±0.01	0.1±0.01
M media	27±9	13±4.4	60±19	4±1.1	6±2	26±8	28±9	9±3	2.7±0.9	0.3±0.1	0.04±0.01	0.1±0.02
C	3±0	1.5±0.12	26±1.9	2±0.2	3±0.3	14±2	56±5	9±1	1.3±0	0.2±0	0.3±0.02	0.3±0.01
M baja	20±10	10±4.9	58±32	3±1.6	8±5	21±12	29±16	8±4	2.2±1.1	0.3±0.2	0.1±0	0.1±0.1
C	4±2	2±0.7	42±18	3±1.4	5±2	23±9	52±19	10±4	0.9±0.3	0.2±0.1	0.4±0.1	0.4±0.1
total M	36±27	18±13.2	102±71	5±3.9	13±9	38±28	46±34	13±10	3.7±2.7	0.6±0.4	0.1±0.1	0.2±0.1
C	7±3	3±1.6	84±34	6±2.8	9±4	41±18	92±52	17±9	1.7±1.1	0.4±0.2	0.6±0.3	0.7±0.3
total	43	21	187	12	22	79	139	31	5	1.0	0.8	0.9
FUSTE												
M 1,3m	85±23	42±11.1	131±52	11±2.8	10±6	34±11	125±44	26±6	34±4	1.4±0.6	0.4±0.3	0.5±0.3
C	8±2	4±1	40±12	4±1	6±1	45±8	144±43	10±4	3±0.7	0.5±0.2	0.5±0.3	0.9±0.2
M 2/3B	44±15	22±7.6	82±28	5±1.6	9±4	33±20	54±24	13±5	14±10	0.5±0.2	0.2±0.3	0.2±0.2
C	4±1	1.9±0.6	38±6	3±0.5	5±1.3	21±4	28±9	5±2	1±0.2	0.2±0.1	0.2±0.1	0.5±0.2
M 3/4B	6±2	2.8±0.9	12±5	1±0.2	1±0.8	3±2	6±2	2±0.5	0.4±0.2	0±0	0.01±0.01	0.01±0
C	1±0	0.4±0.13	11±4	1±0.2	1±0.3	4±1	5±2	1±0.3	0.1±0	0±0	0.04±0.01	0.1±0.03
total M	135±38	66±18.8	225±79	17±4.4	20±10	70±32	184±65	41±11	49±10	2±0.9	1±0.4	0.7±0.4
C	13±3	6±1.6	90±14	8±1.3	11±2	70±11	177±51	16±6	3±0.9	0.8±0.2	0.8±0.3	2±0.4
total	147	72	315	25	31	139	361	57	52	3	1.4	2
BIOMASA VIVA												
H	5±2	2.4±0.8	129±4	17±20	10±38	58±7	110±6	19±0.1	0±0.3	0.7±0.9	2.6±0	0.1±0
M	171±64	84±31.6	327±146	22±8	33±17	108±53	231±98	54±21	53±13	2.5±0.7	0.7±0.5	0.9±0.5

C	20±7	10±3.3	174±47	14±4	21±5	110±27	269±100	34±14	5±2	1.2±0.4	1.4±0.6	2±0.7
L	191	94	502	36	54	218	500	88	58	4	2	3
TOTAL	197	96	647	56	66	284	623	110	58	4.5	5.1	3.3

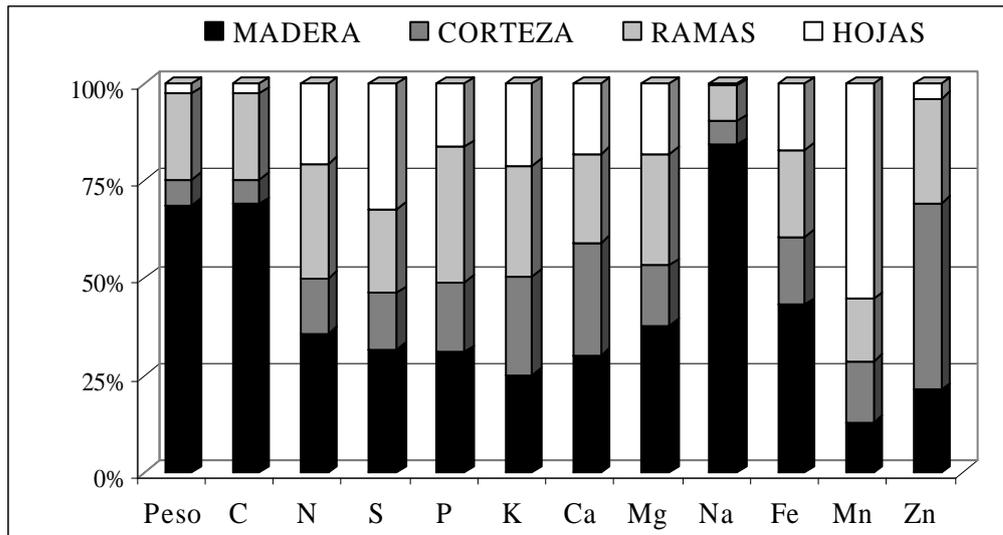


Figura 1: Reparto porcentual medio respecto de la biomasa total aérea viva, de los bioelementos en los diferentes componentes arbóreos (hojas, ramas, corteza del fuste y madera del fuste) a los 14 años de edad.